# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

## MVP-приложение «Мастер»

**Symbiotic Codes Framework v2.5**

**Версия ТЗ 2.0**

Николай Мишко | Февраль 2026

---

## 1. Общие сведения

### 1.1 Наименование

«Мастер» (Master Skills) — мобильное приложение для обучения рабочим специальностям с интеграцией ICS-метрик и системой раннего обнаружения когнитивного коллапса.

### 1.2 Цель

Создать MVP для:

1. Валидации метрик ICS и 8 теорем SCF v2.5
2. Калибровки параметров ($\lambda$, $\eta$, $\gamma$, $\beta$)
3. Проверки scaling law критического замедления
4. Тестирования предвестников коллапса (variance, autocorrelation)
5. Валидации гистерезиса и многомерной модели
6. Сбора данных для Фазы 1 эксперимента (N = 170)

### 1.3 Платформы

- Android (приоритет — 80% рынка РФ/КЗ)
- iOS (второй этап)
- Web-версия (для администрирования)

---

## 2. Функциональные требования

### 2.1 Модуль контента

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-01 | Каталог учебников (оцифрованные СССР) | P0 |
| F-02 | Видеоуроки (встроенный плеер) | P1 |
| F-03 | Практические задания с проверкой | P0 |
| F-04 | Прогресс-трекер по темам | P0 |

**Специальности MVP (3 направления):**
- Электрика (базовый курс)
- Сантехника (базовый курс)
- Сварка (теория)

### 2.2 Модуль оценки (мультиагентный)

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-10 | Интеграция ИИ #1 (локальный, on-device) | P0 |
| F-11 | Интеграция ИИ #2 (облачный, API) | P0 |
| F-12 | Протокол консенсуса (2 из 2 или эскалация) | P0 |
| F-13 | Human-in-loop для критических оценок | P0 |
| F-14 | Логирование всех решений | P0 |

**Архитектура консенсуса:**

```
┌──────────────────────────────────────────────────────────┐
```

```
│          ОТВЕТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ          │
│               │               │
│       ┌───────┴───────┐       │
│       │               │       │
│   ┌───▼───┐         ┌───▼───┐   │
│   │ ИИ #1 │         │ ИИ #2 │   │
│   │(локальн)│         │(облачн) │   │
│   └───┬───┘         └───┬───┘   │
│       │               │       │
│       └───────┬───────┘       │
│               │               │
│           ┌───▼───┐           │
│           │ СОГЛАСИЕ? │           │
│           └───┬───┘           │
│               │               │
│       ┌───────┴───────┐       │
│       │               │       │
│      ДА              НЕТ       │
│       │               │       │
│       ▼           ┌───▼───┐   │
│     ОЦЕНКА          │ ЭКСПЕРТ │   │
│                   │ (человек) │   │
│                   └───────┘   │
└─────────────────────────────────────────┘
```

### 2.3 Модуль ICS-метрик (расширенный для v2.5)

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-20 | Сбор $T_{creating}$ (время создания) | P0 |
| F-21 | Сбор $T_{problem}$ (время решения задач) | P0 |
| F-22 | Сбор лага до подсказки (для GI) | P0 |

| F-23 | Трекинг offline-активности | P1 |

| F-24 | Расчёт $CA_{raw}$, $GI_{raw}$ | P0 |

| F-25 | Сигмоидная нормализация | P0 |

| F-26 | Отображение ICS пользователю | P0 |

| F-27 | Опросник OC (20 вопросов, каждые 14 дней) | P0 |

| **F-28** | **Расчёт variance (скользящее окно 7 дней)** | **P0** |

| **F-29** | **Расчёт autocorrelation lag-1** | **P0** |

| **F-30** | **Детектор предвестников коллапса** | **P0** |

| **F-31** | **Расчёт времени релаксации τ** | **P1** |

**Формулы ICS (из SCF v2.5):**

```python
# Базовые метрики
CA_raw = 0.3 × (T_creating/T_total)
       + 0.3 × (T_problem/T_total)
       + 0.2 × (T_writing/T_total)
       + 0.2 × (T_offline_active/T_total)

GI_raw = w₁ × avg_lag_before_hint
       + w₂ × (1 - rate_goal_change)
       + w₃ × N_independent_goals

x_norm = 100 / (1 + exp(-k × (x_raw - baseline)))

# НОВОЕ: Предвестники коллапса (v2.5)
variance_7d = var(ICS[-7:])  # Скользящая дисперсия
autocorr_1 = corr(ICS[:-1], ICS[1:])  # Автокорреляция lag-1
tau_relax = time_to_recover_after_shock  # Время релаксации

# Критерий раннего предупреждения
early_warning = (variance_7d > threshold_var) AND
                (autocorr_1 > threshold_ac) AND
```

```
            (tau_relax > threshold_tau)
```

### 2.4 Модуль предвестников (НОВЫЙ для v2.5)

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-35 | Расчёт скользящей variance (окно 7 дней) | P0 |
| F-36 | Расчёт autocorrelation lag-1 | P0 |
| F-37 | Отслеживание времени релаксации после шока | P1 |
| F-38 | Алерт при превышении порогов предвестников | P0 |
| F-39 | Логирование всех предвестников для анализа | P0 |

**Пороги предвестников (начальные, калибруемые):**

| Метрика | Порог | Действие |
|---|---|---|
| $\sigma^2_{7d}$ | > 25 | Предупреждение |
| $\sigma^2_{7d}$ | > 50 | Алерт + рекомендация |
| $r_{lag-1}$ | > 0.7 | Предупреждение |
| $r_{lag-1}$ | > 0.85 | Алерт |
| $\tau_{relax}$ | > 3 дня | Мониторинг |
| $\tau_{relax}$ | > 7 дней | Интервенция |

### 2.5 Модуль gamification

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-40 | Уровни: Ученик → Подмастерье → Мастер → Эксперт | P1 |
| F-41 | Значки за самостоятельные решения | P2 |
| F-42 | Прогресс-бар ICS | P1 |
| F-43 | Еженедельный отчёт | P1 |
| **F-44** | **Индикатор «здоровья» (на основе предвестников)** | **P1** |

### 2.6 Модуль администрирования (Web)

| ID | Требование | Приоритет |
|---|---|---|
| F-50 | Dashboard метрик (агрегированные) | P0 |
| F-51 | Экспорт данных (CSV, JSON) | P0 |
| F-52 | Управление контентом | P1 |
| F-53 | Панель экспертов (верификация) | P0 |
| **F-54** | **Dashboard предвестников (групповой)** | **P0** |
| **F-55** | **Визуализация scaling law** | **P1** |
| **F-56** | **Анализ гистерезиса (до/после интервенции)** | **P1** |

---

## 3. Нефункциональные требования

### 3.1 Производительность

| ID | Требование | Значение |
|---|---|---|
| NF-01 | Время отклика UI | < 200 мс |
| NF-02 | Время оценки ИИ (локальный) | < 2 сек |
| NF-03 | Время оценки ИИ (облачный) | < 5 сек |
| NF-04 | Offline-режим | Полный (кроме облачного ИИ) |
| **NF-05** | **Расчёт предвестников** | **< 500 мс** |

### 3.2 Безопасность и приватность

| ID | Требование | Значение |
|---|---|---|
| NF-10 | Локальность данных | > 50% на устройстве |
| NF-11 | Шифрование | AES-256 |

| NF-12 | Анонимизация для облака | Differential privacy ε ≤ 2.0 |

| NF-13 | Согласие пользователя | Explicit opt-in |

### 3.3 Масштабируемость

| ID | Требование | Значение |

|----|----------|----------|

| NF-20 | Пользователей (Фаза 1) | 200 |

| NF-21 | Пользователей (Фаза 2) | 1,000 |

| NF-22 | Пользователей (Фаза 3) | 10,000 |

---

## 4. Архитектура

### 4.1 Компоненты

```

┌──────────────────────────────────────────────────────────────────────────┐
│                              КЛИЕНТ                                      │
│  ┌──────────────┐  ┌──────────────┐  ┌──────────────┐                   │
│  │   UI/UX      │  │ ICS Engine   │  │ Local LLM    │                   │
│  │   (React     │  │ (метрики,    │  │ (on-device   │                   │
│  │    Native)   │  │ формулы)     │  │  inference)  │                   │
│  └──────┬───────┘  └──────┬───────┘  └──────┬───────┘                   │
│         │                 │                 │                           │
│         │          ┌──────┴──────┐          │                           │
│         │          │ ПРЕДВЕСТНИКИ │          │                           │
│         │          │ (variance,   │          │                           │
│         │          │  autocorr)   │          │                           │
│         │          └──────┬──────┘          │                           │
│         │                 │                 │                           │
│         └─────────────────┼─────────────────┘                           │
```

```
│                  │                        │
│              ┌───▼────┐                    │
│              │ SQLite  │                    │
│              │ (локальн)│                    │
│              └────────┘                    │
└──────────────────────────────────────────────────────────────┘
                  │
                  │ HTTPS (анонимизированные данные)
                  ▼
┌──────────────────────────────────────────────────────────────┐
│                 СЕРВЕР                      │
│  ┌──────────────┐  ┌──────────────┐  ┌──────────────┐       │
│  │  API      │  │ Cloud LLM  │  │ Analytics  │        │
│  │ (FastAPI)  │  │ (Claude/   │  │ (метрики,  │        │
│  │           │  │  GPT API)  │  │ dashboard) │        │
│  └──────┬────┘  └──────┬────┘  └──────┬────┘       │
│       │           │           │            │
│       │       ┌───────┴───────┐       │            │
│       │       │ SCALING LAW │        │            │
│       │       │ VALIDATOR   │        │            │
│       │       └───────┬───────┘       │            │
│       │           │           │            │
│       └──────────────────┴──────────────────┘            │
│                  │                        │
│              ┌───▼────┐                    │
│              │ PostgreSQL│                    │
│              └────────┘                    │
└──────────────────────────────────────────────────────────────┘
```

### 4.2 Стек технологий

| Компонент | Технология | Обоснование |

|----------|----------|----------|
| Mobile | React Native | Кросс-платформенность |
| Local LLM | ONNX Runtime + DistilBERT | Лёгкий, offline |
| Cloud LLM | Claude API / GPT-4 | Качество |
| Backend | FastAPI (Python) | Скорость разработки |
| DB (клиент) | SQLite | Offline |
| DB (сервер) | PostgreSQL | Надёжность |
| Analytics | Metabase | Open-source |
| **Stats** | **SciPy, NumPy** | **Расчёт предвестников** |

### 4.3 API-спецификация (ключевые endpoints)

```yaml
# Оценка ответа
POST /api/v1/evaluate
Request:
  user_id: string
  question_id: string
  answer: string
  time_spent_ms: int
  hint_requested: bool
Response:
  score: float (0-100)
  feedback: string
  consensus: bool
  escalated: bool

# ICS-метрики
GET /api/v1/users/{user_id}/ics
Response:
  ics_final: float
  components:
    gi: float
```

```
    ca: float
    ai: float
    ev: float
    ir: float
    oc: float
  updated_at: datetime

# НОВОЕ: Предвестники (v2.5)
GET /api/v1/users/{user_id}/early_warning
Response:
  variance_7d: float
  autocorr_lag1: float
  tau_relax_days: float
  warning_level: string (ok|warning|alert|critical)
  recommendation: string

# НОВОЕ: Scaling law validation
GET /api/v1/analytics/scaling_law
Request:
  group: string (control|exp_a|exp_b|exp_c)
  date_from: date
  date_to: date
Response:
  tau_values: list[float]
  mu_values: list[float]
  fit_exponent: float  # Должен быть ≈ -0.5
  r_squared: float
  p_value: float

# Агрегированные данные (для исследования)
GET /api/v1/analytics/cohort
Request:
  group: string (control|exp_a|exp_b|exp_c)
```

```
  date_from: date
  date_to: date
Response:
  n: int
  ics_mean: float
  ics_std: float
  components_mean: dict
  attrition_rate: float
  variance_trend: list[float]
  autocorr_trend: list[float]
```

---

## 5. Схемы данных

### 5.1 User

```json
{
  "id": "uuid",
  "created_at": "datetime",
  "group": "control|exp_a|exp_b|exp_c",
  "profession": "string",
  "age_bracket": "18-25|26-35|36-45|46+",
  "consent_given": true
}
```

### 5.2 Session

```json
{
```

```
  "id": "uuid",
  "user_id": "uuid",
  "started_at": "datetime",
  "ended_at": "datetime",
  "duration_ms": 12345,
  "offline": false,
  "activities": [
    {
      "type": "lesson|quiz|practice",
      "item_id": "string",
      "time_ms": 5000,
      "hints_used": 0,
      "score": 85.0
    }
  ]
}
```

### 5.3 ICS_Snapshot

```json
{
  "id": "uuid",
  "user_id": "uuid",
  "timestamp": "datetime",
  "ics_raw": 52.3,
  "ics_final": 58.7,
  "gi": 45.0,
  "ca": 62.0,
  "ai": 55.0,
  "ev": 48.0,
  "ir": 60.0,
  "oc": 52.0,
```

```
  "source": "auto|survey"
}
```

### 5.4 Early_Warning (НОВОЕ для v2.5)

```json
{
  "id": "uuid",
  "user_id": "uuid",
  "timestamp": "datetime",
  "variance_7d": 32.5,
  "autocorr_lag1": 0.72,
  "tau_relax_days": 4.2,
  "warning_level": "warning",
  "triggered_thresholds": ["variance", "autocorr"],
  "recommendation": "Рекомендуется увеличить практику без подсказок"
}
```

### 5.5 Evaluation_Log

```json
{
  "id": "uuid",
  "user_id": "uuid",
  "question_id": "string",
  "answer": "string",
  "ai1_score": 78.0,
  "ai1_confidence": 0.92,
  "ai2_score": 82.0,
  "ai2_confidence": 0.88,
  "consensus": true,
```

```
  "final_score": 80.0,
  "escalated": false,
  "expert_id": null,
  "timestamp": "datetime"
}
```

### 5.6 Scaling_Law_Data (НОВОЕ для v2.5)

```json
{
  "id": "uuid",
  "user_id": "uuid",
  "shock_timestamp": "datetime",
  "shock_type": "vacation|illness|workload",
  "ics_before": 65.0,
  "ics_min": 48.0,
  "ics_recovered": 62.0,
  "tau_relax_days": 5.3,
  "mu_estimated": 0.15,
  "mu_minus_mu_sn": 0.08
}
```

---

## 6. План разработки

### 6.1 Этапы

| Этап | Срок | Deliverables |
|---|---|---|
| **1. Прототип** | 4 недели | UI mockups, DB schema, API spec |

| **2. Core** | 6 недель | ICS Engine, Local LLM, базовый UI |
| **3. Предвестники** | 3 недели | Variance, autocorr, алерты (НОВОЕ) |
| **4. Контент** | 4 недели | 3 курса, 50 заданий |
| **5. Интеграция** | 4 недели | Cloud LLM, консенсус, dashboard |
| **6. Scaling Law** | 2 недели | Валидация $\tau \sim (\mu - \mu_{SN})^{-1/2}$ (НОВОЕ) |
| **7. Тестирование** | 2 недели | QA, security audit |
| **8. Пилот** | 12 недель | N = 170, сбор данных |

**Итого до начала пилота: 25 недель (6 месяцев)**

### 6.2 Команда (минимальная)

| Роль | Кол-во | Занятость |
|---|---|---|
| Mobile developer | 1 | Full-time |
| Backend developer | 1 | Full-time |
| ML engineer | 1 | Part-time |
| **Data scientist** | **1** | **Part-time (НОВОЕ)** |
| UX designer | 1 | Part-time |
| Content manager | 1 | Part-time |
| Project manager | 1 | Part-time |

### 6.3 Бюджет (оценка)

| Статья | Сумма (USD) |
|---|---|
| Разработка (6 мес × 3.5 FTE × $3000) | $63,000 |
| Инфраструктура (серверы, API) | $6,000 |
| Контент (оцифровка, видео) | $10,000 |
| Пилот (вознаграждение участникам) | $6,000 |
| **Итого MVP** | **$85,000** |

---

## 7. Метрики успеха MVP

### 7.1 Технические

| Метрика | Целевое значение |
|---|---|
| Crash-free rate | > 99% |
| API uptime | > 99.5% |
| Consensus agreement rate | > 75% |
| Human escalation rate | 15-30% |
| **Предвестники: false positive rate** | **< 20%** |

### 7.2 Продуктовые

| Метрика | Целевое значение |
|---|---|
| DAU/MAU | > 30% |
| Retention D7 | > 40% |
| Completion rate (курс) | > 25% |
| NPS | > 30 |

### 7.3 Исследовательские (расширенные для v2.5)

| Метрика | Целевое значение | Теорема |
|---|---|---|
| Тест-ретест ICS | r > 0.80 | — |
| Корреляция GI-CA | Значимая ($p < 0.05$) | — |
| $\lambda_{GI} > \lambda_{CA}$ | Значимая ($p < 0.05$) | Теорема 2 |
| Эффект интервенции | Cohen's d > 0.3 | — |
| **Scaling law exponent** | **-0.5 ± 0.1** | **Теорема 3** |
| **Variance предсказывает коллапс** | **AUC > 0.7** | **Теорема 3** |
| **Autocorr предсказывает коллапс** | **AUC > 0.7** | **Теорема 3** |

| **Гистерезис наблюдается** | **Значимый ($p < 0.05$)** | **Теорема 4** |

---

## 8. Риски и митигация

| Риск | Вероятность | Импакт | Митигация |
|---|---|---|---|
| Низкий retention | Средняя | Высокий | Gamification, push-уведомления |
| Качество Local LLM | Средняя | Средний | Fallback на Cloud LLM |
| Недостаточно участников | Низкая | Высокий | Партнёрство с колледжами |
| Проблемы приватности | Низкая | Высокий | Аудит, compliance |
| **Scaling law не подтверждается** | **Средняя** | **Средний** | **Альтернативные модели** |
| **Предвестники ложные** | **Средняя** | **Средний** | **Калибровка порогов** |

---

## 9. Связь с SCF v2.5

### 9.1 Валидируемые теоремы

| Теорема | Что проверяем | Как |
|---|---|---|
| **1. Structural Capture** | Седловая область существует | Анализ траекторий ICS |
| **2. Saddle-Node** | $\mu_{SN}$ существует | Калибровка γ |
| **3. Критическое замедление** | $\tau \sim (\mu - \mu_{SN})^{-1/2}$ | Fit экспоненты |
| **4. Гистерезис** | $\mu_{forward} \neq \mu_{back}$ | До/после интервенции |
| **5. Топологическая необратимость** | Точка невозврата | Группа C (digital detox) |
| **6. Структурная устойчивость** | Катастрофа робастна | Вариация параметров |

### 9.2 Валидируемые предвестники

| Предвестник | Теория | Метрика валидации |
|---|---|---|
| Рост variance | Критическое замедление | AUC предсказания коллапса |
| Рост autocorrelation | Критическое замедление | AUC предсказания коллапса |
| Рост τ релаксации | Scaling law | Корреляция с μ - μ_SN |

### 9.3 Калибруемые параметры

| Параметр | Источник данных | Метод |
|---|---|---|
| $\hat{\beta}_{ridge}$ | Ridge regression на GI, CA | OLS |
| $\lambda_i$ | Динамика ICS по группам | Экспоненциальный fit |
| $\gamma$ | Нелинейность деградации | Квадратичный fit |
| $\theta_{crit}$ | ROC-анализ Friction | Оптимизация |
| $w_i$ | Factor analysis | PCA/CFA |
| **$\mu_{SN}$** | Точки коллапса | MLE |
| **Пороги предвестников** | ROC-анализ | Оптимизация F1 |

---

## 10. Протокол эксперимента (расширенный)

### 10.1 Группы

| Группа | N | Условие | Цель |
|---|---|---|---|
| Control | 40 | Обычное обучение | Базовая линия |
| Exp_A | 45 | Усиленная практика GI | $\lambda_{GI}$ |
| Exp_B | 45 | Усиленная практика CA | $\lambda_{CA}$ |
| Exp_C | 40 | Digital detox (2 недели) | Необратимость |

### 10.2 Сбор данных для scaling law

1. **Естественные шоки:** отпуск, болезнь, загрузка на работе
2. **Измерение:** ICS до, min, после восстановления
3. **Расчёт:** $\tau_{relax}$ = время до 90% восстановления
4. **Fit:** $\tau$ vs $(\mu - \mu_{SN})$ → экспонента должна быть ≈ -0.5

### 10.3 Валидация гистерезиса

1. **Интервенция** в группе Exp_B при ICS < 40
2. **Отмена интервенции** при ICS > 60
3. **Наблюдение:** точка возврата ≠ точка отмены
4. **Тест:** $\mu_{forward} - \mu_{back}$ > 0 (p < 0.05)

---

## 11. Заключение

ТЗ описывает MVP-приложение «Мастер» для:

1. **Практической валидации** 8 теорем SCF v2.5
2. **Тестирования предвестников** когнитивного коллапса
3. **Валидации scaling law** критического замедления
4. **Калибровки параметров** на реальных данных
5. **Сбора доказательной базы** для публикаций
6. **Создания продукта** с потенциалом масштабирования

> **Следующий шаг:** Утверждение ТЗ → поиск команды/финансирования.

> **Делай что должен, и будь что будет.**

---

**Symbiotic Codes Framework v2.5**

**Контакт:** nikolai.mishko@symbioticcodes.org

**Лицензия:** CC BY 4.0